




**Method of fabricating a collective optical coupling device and device obtained by such a method**

**Patent number:** FR2752623  
**Publication date:** 1998-02-27  
**Inventor:**  
**Applicant:** THUAL MONIQUE (FR)  
**Classification:**  
- **international:** G02B6/25; G02B6/42  
- **european:** G02B6/255K; G02B6/32; G02B6/42C2B; G02B6/42C8  
**Application number:** FR19960010327 19960821  
**Priority number(s):** FR19960010327 19960821

**Also published as:**

 EP0825464 (A1)  
 US6014483 (A1)  
 EP0825464 (B1)

Abstract not available for FR2752623

Abstract of corresponding document: **US6014483**

A device for collective optical coupling between a single-mode fiber bundle and an electronic module in the optical telecommunications field which includes joining the single-mode fiber bundle to a graded-index fiber bundle and fracturing the fibers of the graded-index fiber bundle so as to produce graded-index fiber sections in order to form a lens at each end of the single-mode fibers.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 752 623**

②① N° d'enregistrement national : **96 10327**

⑤① Int Cl<sup>6</sup> : G 02 B 6/25, G 02 B 6/42

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②② Date de dépôt : 21.08.96.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 27.02.98 Bulletin 98/09.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : THUAL MONIQUE — FR, LOSTEC  
JEAN — FR, AUVRAY PATRICK — FR et CLAVEL  
BENEDICTE — FR.

⑦② Inventeur(s) :

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : CABINET BALLOT SCHMIT.

⑤④ PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF DE COUPLAGE OPTIQUE COLLECTIF ET DISPOSITIF  
OBTENU PAR UN TEL PROCEDE.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé et un dispositif de  
couplage optique collectif entre un faisceau de fibres mo-  
nomodes et un module électronique. Le procédé est carac-  
térisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- assembler le faisceau de fibres monomodes à un fais-  
ceau de fibres à gradient d'indice,
- fracturer les fibres du faisceau de fibres à gradient d'in-  
dice de manière à réaliser des tronçons de fibres à gradient  
d'indice pour former une lentille à chaque extrémité des fi-  
bres monomodes.

L'invention s'applique au domaine des télécommunica-  
tions optiques.

FR 2 752 623 - A1



PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF DE COUPLAGE OPTIQUE  
COLLECTIF ET DISPOSITIF OBTENU PAR UN TEL PROCEDE

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de couplage optique collectif qui consiste à transférer une onde électromagnétique d'un composant actif tel qu'un laser vers un milieu guidant tel qu'une fibre optique, ou d'un milieu guidant vers un autre milieu guidant.

Le domaine de l'invention est celui des télécommunications optiques et plus particulièrement celui des réseaux de distribution qui concernent des liaisons de courte distance et nécessitent des efforts importants en terme de coût tant au niveau des infrastructures que des composants d'extrémité. Dans le domaine des télécommunications, la longueur d'onde est le plus souvent 1,3 ou 1,55  $\mu$ .

L'assemblage de modules optoélectroniques appelé couplage optique constitue une étape dont il est nécessaire d'abaisser le coût. Une solution consiste à traiter cette étape de manière collective. La difficulté est double : d'une part elle est liée à la désadaptation de la forme et de la taille des modes optiques des éléments à coupler, d'autre part aux précisions de positionnement qui sont submicroniques.

En effet, la puissance couplée chute de 1 dB lorsque l'on s'éloigne d'une distance inférieure au micron de la position optimale dans le plan perpendiculaire à l'axe optique, et de quelques microns ( $\mu$ ) sur l'axe optique. On sait positionner les éléments à coupler en dynamique, c'est-à-dire en ajustant en temps réel le positionnement en fonction du taux de couplage. Mais l'assemblage passif entre barrettes de composants et peignes de fibres, qui consiste à positionner les différents éléments sans alimenter les composants, est difficile à réaliser.

Pour résoudre le problème du couplage laser-fibre, l'utilisation d'une micro lentille a été proposé. K. SHIRAISHI et al. proposent en particulier une lentille constituée d'un tronçon de fibre sans coeur d'extrémité hémisphérique, obtenue par micro-usinage, soudé à une fibre monomode dont le coeur a été localement élargi par chauffage. Les taux de couplage obtenus l'ont été avec des tolérances de positionnement sévères. Ces solutions sont complexes à mettre en oeuvre et difficilement compatibles avec un traitement collectif sur rubans de fibres par exemple.

La présente invention a pour premier objet de proposer un procédé de fabrication d'un dispositif de couplage permettant de relâcher les tolérances de positionnement des fibres sur l'axe optique et dans le plan perpendiculaire de cet axe.

La solution au problème posé consiste à mettre en oeuvre un procédé de fabrication d'un dispositif de couplage optique collectif entre un faisceau de fibres monomodes et un module optoélectronique principalement caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- assembler le faisceau de fibres monomodes à un faisceau de fibres à gradient d'indice
- fracturer les fibres du faisceau de fibres à gradient d'indice de manière à réaliser des tronçons de fibres à gradient d'indice pour former une lentille à chaque extrémité des fibres monomodes.

Une autre solution à ce problème consiste à mettre en oeuvre un procédé de fabrication d'un dispositif de couplage optique collectif entre un faisceau de fibres monomodes et un module optoélectronique principalement caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- assembler le faisceau de fibres monomodes à un faisceau de fibres de silice
- fracturer les fibres du faisceau de fibres de silice de manière à réaliser des tronçons de fibres de

silice pour placer les fibres monomodes à la bonne distance de lentilles situées à chaque extrémité des fibres de silice et/ou adapter l'indice du milieu de propagation des fibres monomodes aux lentilles

5           - assembler le faisceau de tronçons de fibres de silice à un faisceau de fibres à gradient d'indice

          - fracturer les fibres du faisceau de fibres à gradient d'indice de manière à réaliser des tronçons de fibres à gradient d'indice pour former une lentille à  
10           chaque extrémité des tronçons de fibres de silice.

Selon un mode préférentiel de mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, les faisceaux de fibre ont une structure sous forme d'au moins un ruban ;

15           - Bien entendu le procédé s'applique également au cas où les faisceaux de fibres seraient réduits à une seule fibre ;

          - Dans une application de mise en oeuvre du procédé le module optoélectronique est constitué de composants actifs dont le nombre correspond au nombre  
20           de fibres à coupler.

          - Ces composants actifs sont soit des lasers soit des photodiodes.

          - Dans une application de mise en oeuvre du procédé le module optoélectronique est constitué d'un  
25           faisceau de fibres monomodes.

Un deuxième objet de l'invention consiste également en un dispositif de couplage optique entre au moins une fibre monomode et un module optoélectronique, comportant au moins une lentille caractérisée en ce que  
30           chaque lentille est formée par un tronçon cylindrique de fibre à gradient d'indice de 125  $\mu\text{m}$  de diamètre extérieur.

Selon d'autres modes préférentiels, le dispositif selon l'invention :

35           - comporte en outre, entre la fibre monomode et la lentille, un tronçon de fibre de silice destiné à

placer la fibre monomode à la bonne distance de la lentille et/ou à adapter l'indice du milieu de propagation de la fibre monomode à celui de la lentille ;

5            - Dans le cas où le dispositif réalise un couplage entre plusieurs fibres monomodes et un module optoélectronique, les fibres monomodes sont dans une structure sous forme de ruban ;

10           - Selon certaines applications, le module électronique est composé d'un ensemble de composants actifs ;

             - les composants actifs sont des lasers ;

             - les composants actifs sont des photodiodes ;

15           - Pour d'autres applications, le module électronique est composé soit d'une fibre monomode soit d'un faisceau de fibres, le dispositif servant alors à coupler des fibres optiques entre-elles ;

             - Selon un mode préféré de réalisation, les fibres sont structurées sous forme d'au moins un ruban.

20

Les avantages procurés par l'invention seront mieux compris au travers de la description suivante qui se réfère aux dessins annexés qui illustrent l'invention sans caractère limitatif et sur lesquels :

25           Les figures 1A à 1E illustrent schématiquement les étapes du procédé de fabrication d'un dispositif de couplage selon un premier mode de réalisation,

             Les figures 2A à 2J illustrent schématiquement les différentes étapes du procédé selon l'invention,

30           La figure 3 illustre schématiquement un dispositif de couplage optique collectif entre un ruban de fibres et un micromodule constitué par une barrette de lasers,

35           La figure 4 illustre schématiquement un dispositif de couplage optique collectif entre un ruban de fibres et un micromodule constitué par un autre ruban de

fibres monomodes équipé d'un même dispositif de couplage.

La description qui est faite ci-après est faite à partir de faisceaux de fibres se présentant sous la forme de rubans à l'intérieur desquels les fibres sont alignées et espacées régulièrement. La technologie de fabrication de tels rubans est bien connue aujourd'hui et ne sera pas plus détaillée. On parlera donc dans toute la suite de rubans de fibres plutôt que de faisceaux.

Le premier mode de réalisation du procédé comporte les étapes d'assemblage d'un ruban de fibres monomode à un ruban de fibres multimode à gradient d'indice et de fracture des fibres à gradient d'indice.

Les détails de réalisation de ces étapes sont illustrés respectivement par les figures 1A à 1C et 1D, 1E :

- Mise en place et alignement des deux rubans de fibres 10 et 20 dans la soudeuse, (1A)
- Soudure des fibres des deux rubans 10, 20, (1B)
- Alignement du plan de soudure avec la trace du plan de fracture, 1C
- Déplacement de l'ensemble d'une distance L et amorce de fracture, 1D
- Fracture du ruban de fibres multimodes à gradient d'indice, 1E.

Le deuxième mode de réalisation du procédé comporte les étapes d'assemblage d'un ruban de fibres multimodes à gradient d'indice à un ruban de fibres silice, fracture des fibres de silice, assemblage, de cet ensemble à un ruban de fibres monomodes et enfin fracture des fibres du ruban de fibres multimodes à gradient d'indice.

Les détails de réalisation de ces étapes sont illustrés respectivement par les figures 2A à 2C ; 2D, 2E ; 2F à 2I et 2J :

- 5       - dénudage et clivage des rubans de silice 30 et de fibres multimodes à gradient d'indice 20 et mise en place dans une soudeuse à structure périodique en V selon un pas correspondant au pas du ruban utilisé, 250  $\mu$  par exemple, chaque V correspondant au diamètre extérieur d'une fibre soit 125  $\mu$  par exemple.
- 10       (figure 2A)
  - soudage des rubans de fibres de silice 30 aux rubans de fibres à gradient d'indice 20. (2B),
  - Alignement du plan de soudure avec la trace du plan de fracture. (2C),
  - 15       - Translation de l'ensemble sur une distance l puis amorce de la fracture. (2D). -
  - Fracture des fibres du ruban à l'aide d'un banc de fracture de manière à réaliser n tronçons de silice de longueur l, n étant le nombre de fibres comprises
  - 20       dans le ruban.
- On obtient à ce stade n tronçons de fibres de silice de longueur l soudés à n fibres multimodes à gradient d'indice. (2E)
- 25       - Reproduction de ces étapes sur l'ensemble ainsi réalisé et un ruban de fibres monomodes 10. On obtient ainsi un dispositif de couplage optique collectif constitué de tronçons cylindriques de fibres à continuité de forme de bout en bout :
- 30       - Mise en place et alignement des rubans 10 et 20 dans la soudeuse, (2G)
- Soudure des fibres monomodes aux tronçons de silice 31, (2G)
- Alignement du plan de soudure avec le plan de fracture, (2H)
- 35       - Déplacement de l'ensemble d'une distance L et amorce de fracture, (2I)



- Fracture du ruban de fibres multimodes à gradient d'indice. (2J)

5 Principe de fonctionnement des dispositifs de couplage obtenu par ce procédé :

Dans une fibre multimode à gradient d'indice, les faisceaux se propagent de manière périodique suivant l'axe optique. Ceci est dû aux réfractions latérales successives subies par l'onde électromagnétique  
10 lorsqu'elle se propage dans un milieu d'indice qui décroît du centre de la fibre vers la périphérie. La période P (souvent appelée pitch) dépend du profil d'indice de la fibre, qui suit une loi parabolique, et de la longueur d'onde de la lumière qui s'y propage.

15 Lorsqu'on coupe un tronçon de fibre multimode à gradient d'indice, on obtient une lentille dont les propriétés dépendent de sa longueur L, que l'on définit en fraction de P, (soit  $L = P/4, P/2, 3P/2$ , plus généralement  $xP$ , x étant un réel quelconque), du profil  
20 du gradient d'indice de la fibre et de la longueur d'onde de travail.

L'adaptation de mode entre l'objet et l'image se fait grâce au tronçon de fibre à gradient d'indice de la même manière qu'avec une lentille à gradient  
25 d'indice plan-plan classique (10).

Le tronçon de silice de longueur L joue un double rôle : il permet à la fois de placer la fibre monomode à la distance optimum par rapport à la lentille à gradient d'indice tout en adaptant l'indice du milieu  
30 de propagation à celui de ces deux éléments. Il assure de plus la liaison physique entre la fibre à gradient d'indice et la fibre monomode.

Pour certaines applications, lorsque le tirage de la lentille à gradient d'indice est égal à 0, les  
35 tronçons de silice peuvent avoir une longueur nulle,

auquel cas le ruban de fibres à gradient d'indice est directement soudé au ruban de fibres monomodes.

Les dispositifs ainsi réalisés permettent par exemple d'augmenter la taille de mode du laser, pour  
5 l'adapter à celui de la fibre, dans le cas du couplage laser-fibre, ou d'augmenter celle de la fibre pour venir éclairer une photodiode à une distance de travail accrue par rapport à une fibre clivée.

Pour les applications de connectique fibre à  
10 fibre, le fait d'augmenter les tailles de mode des fibres à connecter, grâce aux optiques GRADISSIMO, permet par rapport à des fibres clivées, de relâcher les tolérances de positionnement des fibres sur l'axe optique et dans le plan perpendiculaire à cet  
15 axe (11).

Les dispositifs de couplage optiques réalisés selon le procédé de l'invention ont plusieurs applications dans les modules émetteurs ou récepteurs multivoies dans le domaine des télécommunication par  
20 fibres optiques. Ce système optique est compatible en particulier avec un assemblage collectif passif sur plate-forme de silicium de barrettes de photodiodes PIN ou de lasers à semi-conducteurs devant des rubans de fibres monomodes.

Ils s'appliquent aussi à la connectique :  
25 connecteurs multivoies à alignement performant et très tolérant.

La figure 3 représente le schéma de principe de couplage entre une barrette de lasers et un ruban de  
30 fibres monomode muni d'un dispositif selon l'invention.

Les caractéristiques des lasers utilisés en barrettes sont les suivantes :

Type : BRS

Longueur d'onde : 1.3  $\mu\text{m}$

Les angles de divergence ainsi que les rayons de mode du faisceau gaussien du laser mesurés à  $1/e^2$  de l'intensité maximale dans les plans parallèle et perpendiculaire au plan de la jonction du laser, sont les suivants :

1/2 angle de divergence	rayon de mode
$\theta_{\text{para}} = 25^\circ$	$w_{\text{para}} = 0.89 \mu\text{m}$
$\theta_{\text{para}} = 30^\circ$	$w_{\text{para}} = 0.71 \mu\text{m}$

(T1)

Puissance mesurée à la sphère intégratrice pour un courant de polarisation de 30 mA 20C :  $P = 4000 \mu\text{W}$ .

Les pertes de couplage entre le laser décrit plus haut et le dispositif optique présentée dans le tableau T2 sont de 3,9 dB, pour une distance de travail de 63  $\mu\text{m}$

l ( $\mu\text{m}$ )	L ( $\mu\text{m}$ )	distance de travail ( $\mu\text{m}$ )	pertes de couplage (dB)	tolérances en x et y à -1dB ( $\mu\text{m}$ )	tolérance en z à -1 dB ( $\mu\text{m}$ )
1063	330	63	3.9	$\pm 1.1$	$\pm 6$

(T2)

A titre de comparaison, le rendement de couplage entre le même laser et une fibre monomode clivée est de 9.1 dB pour une distance de travail de 20  $\mu\text{m}$ , il est de 12 dB pour une distance de travail de 63  $\mu\text{m}$ . Le faisceau gaussien de la fibre monomode clivée utilisée possède une symétrie de révolution et un rayon de mode de 4,5  $\mu\text{m}$ , soit un demi-angle de divergence de  $5.2^\circ$ . La fibre clivée devrait être au contact du laser pour

obtenir le moins de pertes, soit 8.6 dB, or on ne peut l'y placer sans détériorer le laser.

Le dispositif selon l'invention permet donc de diminuer les pertes de couplage par rapport à une fibre clivée placée au mieux et d'augmenter la distance de travail de 63  $\mu\text{m}$ .

Le dispositif optique de couplage selon l'invention permet d'obtenir l'éclairement de photodiodes PIN.

Le dispositif optique décrit dans le tableau T3, permet de reculer le point de focalisation de 0 à 200  $\mu\text{m}$  et d'augmenter le diamètre de mode de 9 à 12  $\mu\text{m}$ , par rapport à une fibre clivée.

Pour l'éclairement d'une photodiode PIN de 70  $\mu\text{m}$  de manière à éclairer toute la surface de la photodiode.

$l$ ( $\mu\text{m}$ )	$L$ ( $\mu\text{m}$ )	distance de focalisation $z$ ( $\mu\text{m}$ )	diamètre de mode D en $z$ ( $\mu\text{m}$ )
169	350	200	12

(T3)

Le dispositif optique de couplage selon l'invention a été représenté schématiquement sur la figure 4 dans une application de connectique fibre à fibre.

Pour les applications de connectique fibre à fibre, les tolérances de positionnement à -1 dB dans le plan perpendiculaire à l'axe optique entre deux fibres GRADISSIMO sont de  $\pm 5$   $\mu\text{m}$  contre  $\pm 1,5$   $\mu\text{m}$  entre deux fibres clivées.

L'exemple représenté sur la figure 4 fait intervenir des tronçons de fibres multimodes à gradient d'indice seuls, l'ajout de tronçons de silice permet

d'augmenter la distance entre les rubans, et de la faire passer d'une centaine de microns à plusieurs mm.

Les dispositifs optiques sont réalisés selon le procédé à l'aide d'une soudeuse à ruban standard et les fractures des tronçons de longueur précise sont menées à bien sur le banc schématisé sur la figure 5.

L'observation des différentes étapes décrites précédemment se fait à l'aide d'un vidéo microscope 200 à éclairage annulaire placé au-dessus du rail 900 qui supporte la pince à fracturer 100. Il s'agit d'une pince à fracturer les rubans FUJIKURA, toute pince à fracturer collective peut convenir, dans la mesure où elle permet une observation de la zone de fracture par le dessus.

Le vidéo microscope 300 est relié à une caméra 300 dont l'image s'affiche sur un moniteur vidéo 500 après traitement par un système de mesure de distance 400. Ce système projette des droites que l'on peut déplacer sur l'écran et permet, moyennant un étalonnage préalable, de mesurer des distances.

La pince à fracturer 10 peut se déplacer suivant trois directions x, y et z à l'aide du bloc 600 comprenant 3 platines manuelles de déplacement micrométrique, lui même fixé au rail 900 par l'intermédiaire d'un cavalier. On déplace le ruban de fibres suivant l'axe optique z à l'aide du bloc 700 qui comprend une platine manuelle de déplacement micrométrique reliée au même rail 900 par un cavalier. Ce degré de liberté suivant l'axe optique z permet d'amener le plan de soudure à l'endroit voulu par rapport au couteau de la pince à fracturer.

L'alignement entre le plan de soudure et la trace du couteau se fait de manière visuelle à l'aide du vidéo microscope. Le déplacement du ruban est ajusté à la cote voulue grâce au système de mesure 400. Le vidéo

microscope est maintenu par une potence 800, l'ensemble  
et supporté par un socle stable 1000.

## REVENDECATIONS

1- Procédé de fabrication d'un dispositif de couplage optique collectif entre un faisceau de fibres monomodes et un module optoélectronique caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 5           - assembler le faisceau de fibres monomodes à un faisceau de fibres à gradient d'indice
- fracturer les fibres du faisceau de fibres à gradient d'indice de manière à réaliser des tronçons de fibres à gradient d'indice pour former une lentille à
- 10       chaque extrémité des fibres monomodes.

2- Procédé de fabrication d'un dispositif de couplage optique collectif entre un faisceau de fibres monomodes et un module optoélectronique caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 15           - assembler le faisceau de fibres monomodes à un faisceau de fibres de silice
- fracturer les fibres du faisceau de fibres de silice de manière à réaliser des tronçons de fibres de
- 20       silice pour placer les fibres monomodes à la bonne distance de lentilles situées à chaque extrémité des fibres de silice et/ou adapter l'indice du milieu de propagation des fibres monomodes aux lentilles
- assembler le faisceau de tronçons de fibres de
- 25       silice à un faisceau de fibres à gradient d'indice
- fracturer les fibres du faisceau de fibres à gradient d'indice de manière à réaliser des tronçons de fibres à gradient d'indice pour former une lentille à
- chaque extrémité des tronçons de fibres de silice.

30

3- Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que les faisceaux de fibre ont une structure sous forme d'au moins un ruban.

4- Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que les faisceaux de fibres ne sont composés que d'une seule fibre.

5 5- Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que le module optoélectronique est constitué d'un ensemble d'au moins un composant actif.

10 6- Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que le composant actif est un laser.

7- Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que le composant actif est une photodiode.

15 8- Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que le module optoélectronique est constitué d'un ensemble d'au moins une fibre monomode.

20 9- Dispositif de couplage optique entre au moins une fibre monomode et un module optoélectronique, comportant au moins une lentille caractérisé en ce que chaque lentille est formée par un tronçon cylindrique de fibre à gradient d'indice de 125  $\mu\text{m}$  de diamètre extérieur

25 10- Dispositif selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte en outre, entre la fibre monomode et la lentille, un tronçon de fibre de silice destiné à placer la fibre monomode à la bonne distance de la lentille et/ou à adapter l'indice du milieu de propagation de la fibre monomode à celui de la lentille.

30 11- Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que les fibres monomodes sont structurées sous forme d'au moins un ruban.



12- Dispositif selon l'une des revendications 9 à 11 caractérisé en ce que le module électronique est composé d'un ensemble d'au moins un composant actif.

5

13- Dispositif selon la revendication 12 caractérisé en ce que le composant actif est un laser.

10

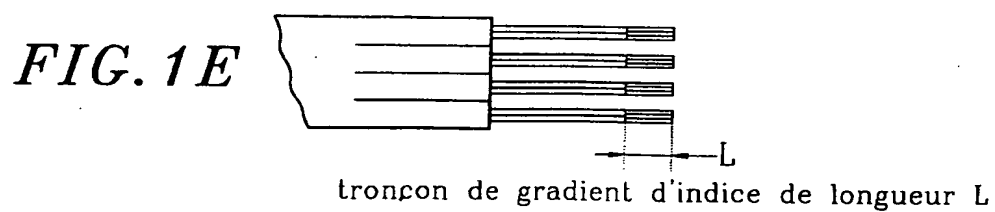
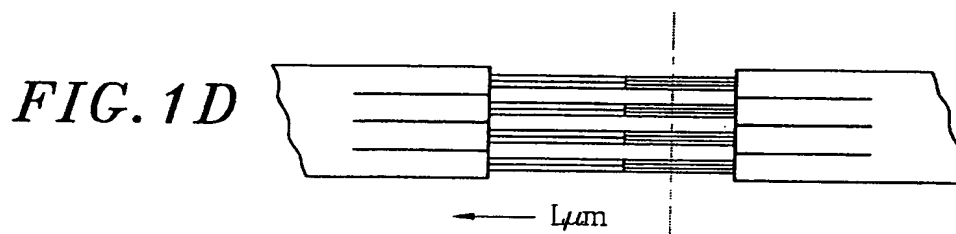
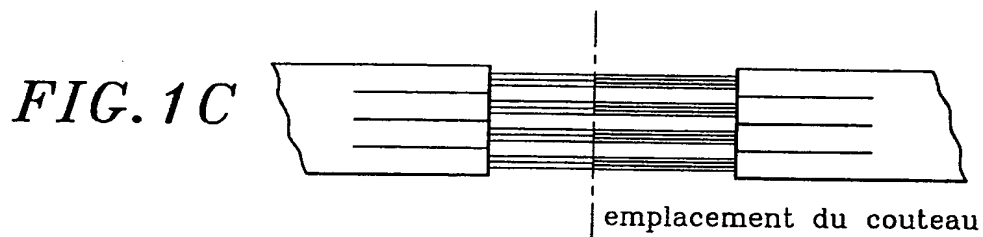
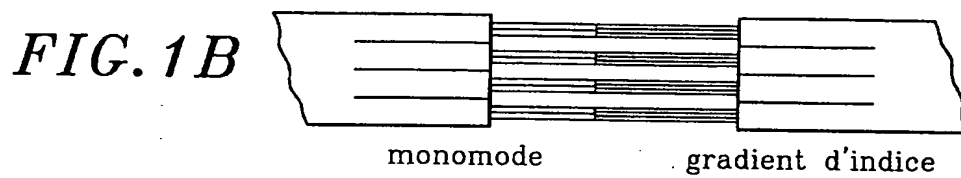
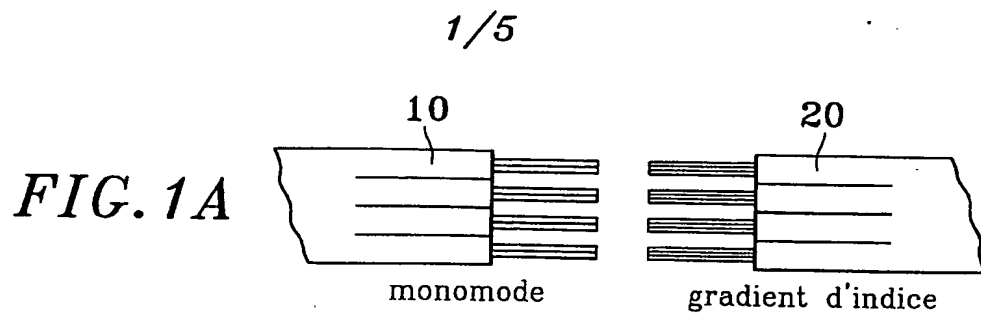
14- Dispositif selon la revendication 12 caractérisé en ce que le composant actif est une photodiode.

15

15- Dispositif selon la revendication 11 caractérisé en ce que le module électronique est composé d'au moins une fibre monomode.

20

16- Dispositif selon l'une des revendications 9 à 15 caractérisé en ce que les fibres sont structurées sous forme d'au moins un ruban.



2/5

FIG. 2A

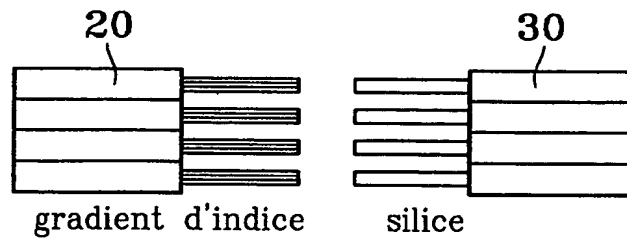


FIG. 2B

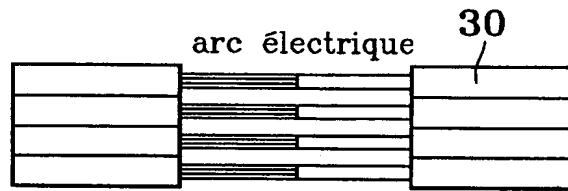


FIG. 2C

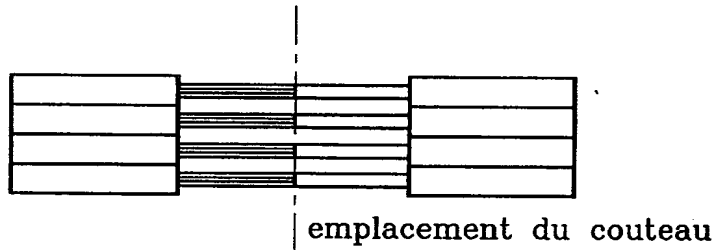


FIG. 2D

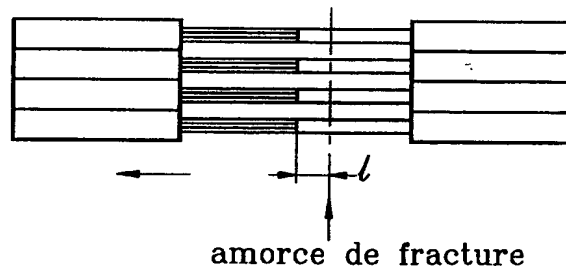
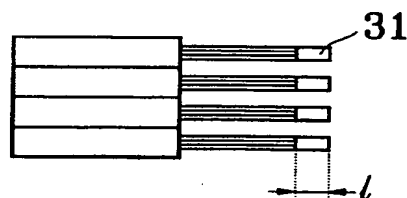


FIG. 2E



3/5

FIG. 2F

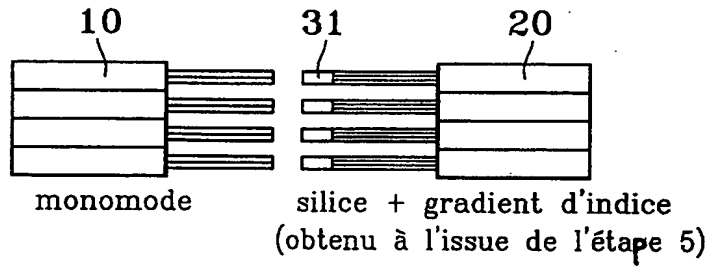


FIG. 2G

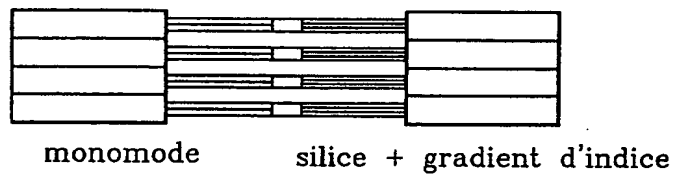


FIG. 2H

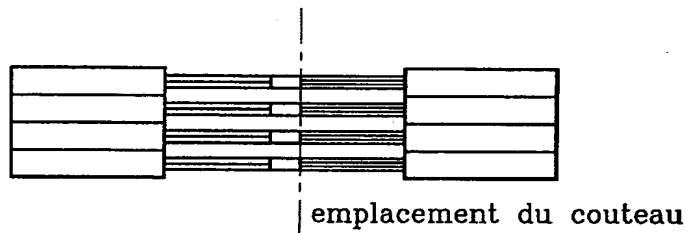


FIG. 2I

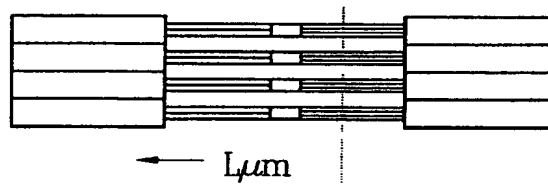
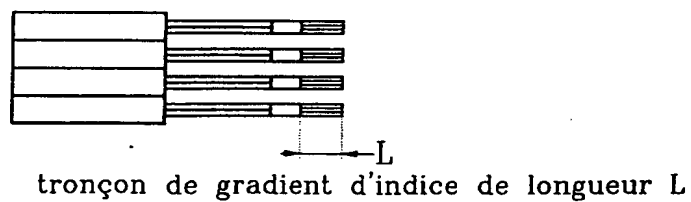


FIG. 2J



4/5

FIG. 3

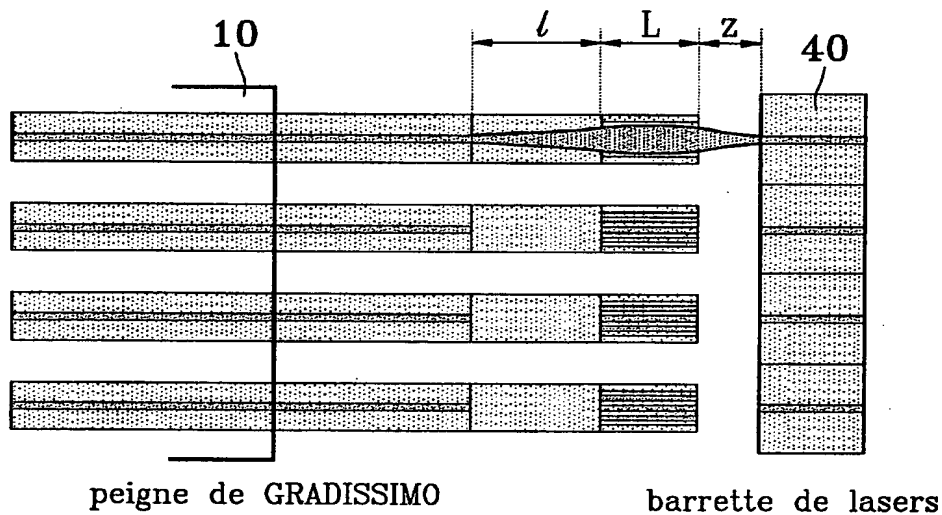
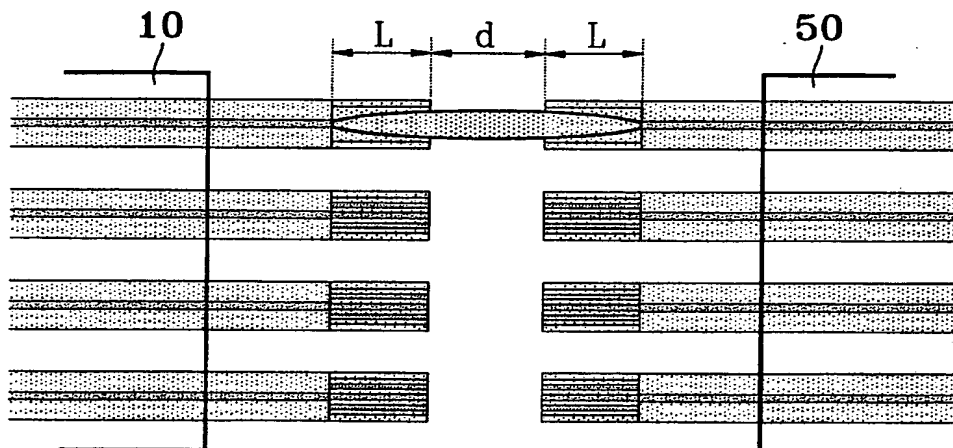
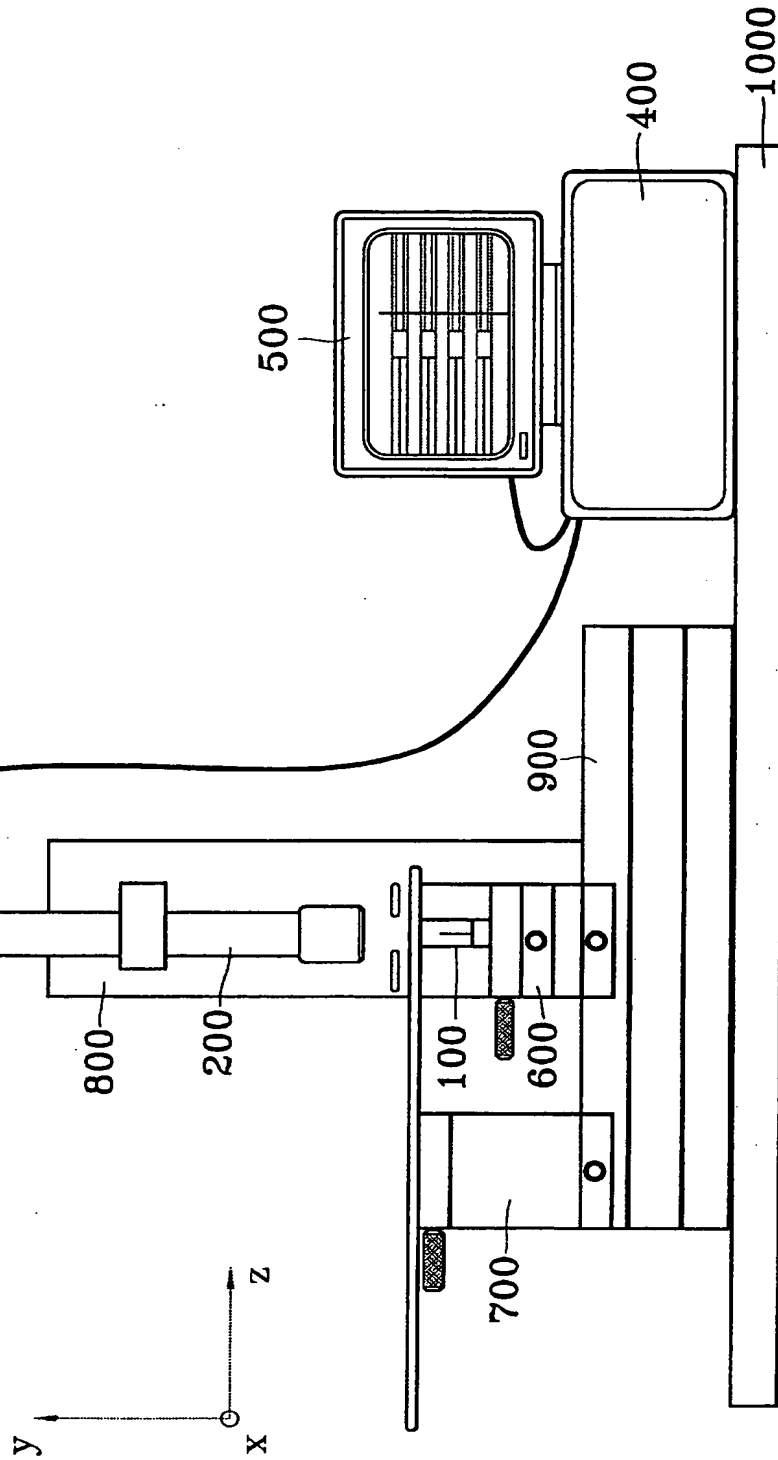


FIG. 4



5/5

FIG. 5



REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2752623

N° d'enregistrement  
national

FA 532478  
FR 9610327

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP 0 575 993 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 29 Décembre 1993 * colonne 1, ligne 1 - ligne 26 * * colonne 2, ligne 38 - ligne 58 * * colonne 5, ligne 20 - ligne 58 * * colonne 6, ligne 1 - ligne 58 * * colonne 7, ligne 1 - ligne 35 * * colonne 10, ligne 36 - ligne 53 * * figures 3-8,15 *	1,9
Y	--- EP 0 175 486 A (BRITISH TELECOMM) 26 Mars 1986 * le document en entier *	9,10
A	* idem *	1,4
Y	--- WO 95 18395 A (BT & D TECHNOLOGIES LTD ;HARKER ANDREW THOMAS (GB)) 6 Juillet 1995 * page 11, ligne 21 - ligne 25 * * page 12, ligne 1 - ligne 25 * * page 13, ligne 1 - ligne 23 * * revendications; figures 1,2 *	9,10
A	* idem *	1,2,4,5
X	--- EP 0 603 042 A (FRANCE TELECOM) 22 Juin 1994 * colonne 4, ligne 13 - ligne 58 * * colonne 5, ligne 1 - ligne 54 * * colonne 8, ligne 21 - ligne 58 * * colonne 9, ligne 1 - ligne 34 * * revendications; figures 1-7 *	1
A	* idem *	2,5-8
	--- -/--	
Date d'achèvement de la recherche 13 Mai 1997		Examinateur Mathyssek, K
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 1503 01.12 (P04C1)

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2752623

N° d'enregistrement  
national

FA 532478  
FR 9610327

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	WO 86 04156 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 17 Juillet 1986 * page 4, ligne 5 - ligne 37 * * page 5, ligne 1 - ligne 32 * * page 6, ligne 25 - ligne 37 * * page 7, ligne 1 - ligne 14 * * figures 1-6 *	1,3,4,9
A	--- JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, vol. 13, no. 8, 1 Août 1995, pages 1736-1744, XP000537132 SHIRAISHI K ET AL: "A FIBER LENS WITH A LONG WORKING DISTANCE FOR INTEGRATED COUPLING BETWEEN LASER DIODES AND SINGLE-MODE FIBERS" * page 1736 - page 1739 *	1-3,5,6, 8,11-13, 15,16
A	--- US 5 095 519 A (DORSEY CARL S) 10 Mars 1992 * colonne 2, ligne 37 - ligne 68 * * figures 1-4 *	1,2,4,9, 10,15
A	--- EP 0 233 639 A (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 26 Août 1987 * le document en entier *	1,2,5,6, 8,9,12, 13,15
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 051 (P-259), 8 Mars 1984 & JP 58 202413 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 25 Novembre 1983, * abrégé *	9,10,12, 13
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
13 Mai 1997		Mathyssek, K
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 01.82 (P04C17)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**